

Helsinki 28.10.2003

REC'D 26 NOV 2003

WIPO

PCT

E T U O I K E U S T O D I S T U S
P R I O R I T Y D O C U M E N THakija
ApplicantMetso Field Systems Oy
HelsinkiPatentihakemus nro
Patent application no

20021644

Tekemispäivä
Filing date

13.09.2002

Kansainvälinen luokka
International class

G05B

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä ja laitteisto prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi"

Hakemus on hakemusdiaariin 18.08.2003 tehdyn merkinnän mukaan siirtynyt Metso Automation Oy:lle, Helsinki.

The application has according to an entry made in the register of patent applications on 18.08.2003 been assigned to Metso Automation Oy, Helsinki.

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

Markketa Tehikoski

Markketa Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

BEST AVAILABLE COPY

Menetelmä ja laitteisto prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi

Keksinnön alue

Keksintö liittyy prosessiautomaatiojärjestelmiin.

5 Keksinnön tausta

Prosessiautomaatiojärjestelmässä säätösilmukka muodostuu tyypillisesti prosessista, mittauksesta, säätimestä ja varsinaisesta säätöelementistä, kuten venttiilistä, ja siihen liittyvästä laitteesta, kuten venttiilinohjain (asennointi) ja toimilaite. Optimaalinen prosessinsäätö riippuu siitä, että kaikki nämä komponentit toimivat asianmukaisesti.

Esimerkiksi prosessiteollisuudessa, kuten selluloosa- ja paperi-, öljynjalostus-, petrokemia- ja kemiateollisuudessa, erilaiset säätöventtiilit, jotka on asennettu laitoksen putkijärjestelmään, säätävät materiaalivirtoja prosessissa. Materiaalivirta voi sisältää mitä tahansa juoksevaa materiaalia, kuten virittävia aineita, liemiä, nesteitä, kaasuja ja höyryä. Yksinkertaisimmassa muodossaan säätöventtiili voi olla manuaalisesti säädettävä mekaaninen venttiili. Yleensä venttiili on varustettu venttiilinohjaimella ja toimilaitteella. Venttiilinohjain ja toimilaite säätävät säätöventtiiliin asentoa prosessin säätöjärjestelmältä tulevan säätösisäältulon (esim. pneumaattinen tai sähköinen säätösisäältulo) mukaan.

Kuvio 1 esittää esimerkinä säätöventtiilin toiminnallisen lohkokaavion. Venttiilinohjain (ts. asennointi) 10 säätää venttiilin kulkua/asentoa (h) toimilaitteen 11 synnyttämän väentömomentin avulla. Asentoinformaatio (h) takaisinkytketään toimilaitteelta 11 tai venttiililtä 12 venttiilinohjaimen sisääntulossa olevalle summaimelle. Venttiilinohjaimen toiminta perustuu pääasiallisesti sisääntulosignaalin u (prosessilta tuleva ohjaussignaali) ja takaisinkytketyn asennon (h) väliseen virheeseen (e). Venttiilinohjain 10 toimii siten, että se minimoi tämän virheen säätöalgoritmilla, kuten tila- tai PID-algoritmilla. Tämä säätöalgoritmi räätälöidää kullekin venttiilille ja se voidaan tarvittaessa virittää asennettaessa tai toiminnan aikana. Viritys voi sisältää esimerkiksi vahvistusparametrien muuttamisen. Venttiilinohjaimessa 10 on myös mahdollista käyttää yhtä tai useampaa ylimääräistä takaisinkytketää, kuten toimielimen sylinterin nopeustakaisinkytketää tai painetakaisinkytketää, jotta saavutetaan tasapainoisempi ja tarkempi venttiilin asennon säätötoiminto.

Kuvio 2 havainnollistaa prosessisääösilmukan tyyppillistä mallia, joka säättää yhtä säätöventtiiliä 22 ja tätä kautta yhtä materiaalivirtaa prosessissa. Säätöventtiili 22 voi olla esimerkiksi kuvion 1 mukainen. Prosesin sääösilmukka sisältää prosessisäätimen 21, jossa on säätöalgoritmi, joka tuottaa sää- 5 tösinaalin u säätämään säätöventtiiliä 22 asetusarvon r (joka saadaan esimerkiksi valvontahuoneen tietokoneelta) ja takaisinskytketyn prosessimuuttujan y mukaan. Säätöalgoritmi voi olla mikä tahansa algoritmi, jota käytetään säätö- järjestelmissä, kuten PID-, PI- tai P-säätö. Säätöventtiilille 22 syötetty sää- 10 tösinaali u säättää venttiilin asentoa, venttiilin kulkua ja tällä tavoin materiaali- virtaa prosessissa. Haluttu prosessimuuttuja y mitataan mittauslähettimellä 24 ja sitä verrataan (lohko 20) saman prosessimuuttujan asetusarvoon r , niin että tuotetaan virhesignaali e_2 , joka syötetään prosessisäätimelle 21. Prosesisää- 15 din 21 muuttaa säätösinaalia u siten, että se minimoi säätövirheen e_2 . Prosesinsäätövirhe aiheutuu tyyppillisesti asetusvirheen muutoksista ja prosessihäiriöistä.

Ventiili oheislaitteineen on usein sääösilmukan heikko lenkki, koska ne ovat ainoita liikkuvia osia. Tämän liikkeen vuoksi esiintyy ongelmia ja nämä ongelmat pienentävät sääösilmukan suorituskykyä. Ventiilillä, toimielimellä (actuator) ja venttiilin asennoittimella (controller, positioner) täytyy olla riittävän tiukat mekaaniset toleranssit, jotta vältetään välien mekaanisten sovitusten aiheuttama välys eli klappi (Backlash). Välyksen seurausena venttiilin liike ei seuraakaan tarkasti säätösinaalia vaan poikkeaa siitä. Välyksen vaikuttus tulee esille erityisesti kun venttiiliin säädön suunta ja sitä kautta venttiilin liikesuunta käännetään vastakkaiseksi. Tällöin säätösinaalin arvo muuttuu joka aikaan ennen kuin mitatussa ulostulosignaalissa alkaa havaittava muutos. Tätä kutsutaan myös säädön kuolleeksi alueeksi (dead band). Tämä ilmiö voi johtua paitsi välyksestä toimielimessä tai asennoittimessa myös venttiilin takerumisesta tai muista mekaanisista tekijöistä, kuten lähtökitka. Makaanisten osien välys luonnollisesti lisääntyy niiden kulumisen seurausena.

30 Välys (Backlash) ja muut virhetekijät aiheuttavat prosessilaitteen, kuten venttiilin ja/tai sen oheislaitteiden, ohjauksen ja mitatun vasteen välille hystereesiä, jota on havainnollistettu kuviossa 3. Suora 31 havainnollistaa ideaalista ohjauksen u ja mittauksen (ulostulon) y , kuten venttiilin asento, välistä suhdetta eli ominaiskäyrää. Todellinen mittaus/ohjausriippuvuus on kuvattu ominaiskäyrällä 32. Kuten kuvioista havaitaan, välyksen ja mahdollisesti muiden tekijöiden vuoksi on ylöspäin tapahtuvalla ohjauksella (kasvava u) eri omi-

naiskäyrä 32A kuin alas päin tapahtuvalla ohjauksella (pienenevä u), jolla on ominaiskäyrä 32B. Käyrien välinen ero kuvaa prosessilaitteen ohjauksen hystereesiä.

Joissakin tapauksissa säätimet varustetaan automaattisella Backlash-kompensaatiolla, jotka pyrkivät ottamaan huomioon laitteen mekaanisen epäideaalisuuden aina ohjauksen suuntaa käännettäessä. Tällainen ratkaisu on kuvattu esimerkiksi US-patentissa 5,742,144. Tällaiset ratkaisut ovat teoriassa hyviä, mutta käytännössä rajoittuneita, koska välys ja hystereesi vaihtelevat erilaisten tekijöiden seurauksena.

Tieto hystereesistä ja Backlashista on kuitenkin tärkeä sekä säätöpiiriin virityksen kannalta että tietona, joka kertoo prosessilaitteen, kuten venttiilin ja/tai sen toimilaitteen tai venttiilinasettimen kunnosta. Mikäli hystereesi tai Backlash kasvaa merkittävästi, voidaan ryhtyä huoltotoimenpiteisiin asian korjaamiseksi.

Eräs tyypillinen tapa toimilaitteen hystereesin tai Backlashin toteamiseksi on kytkeä säädin manuaaliseen säätötilaan ja tehdä askelkokeista koostuva sekvenssi. Tällöin toimilaite ajetaan eri suunnista samaan asentoon, jolloin mittausten avulla saadaan esille mahdolliset Backlashista tai hystereesistä johtuvat eroavaisuudet ohjauksen ja vasteen välillä. Toinen tyypillinen tapa on ajaa toimilaite edestakaisin koko ohjausalueen yli ja arvioda Backlash ja hystereesi mittaustuloksista. Esimerkiksi venttiilin toimilaitteen tapauksessa ajetaan venttiili kiinni-asennosta auki-asentoon ja takaisin kiinni-asentoon. Näissä ratkaisuissa on kuitenkin ongelmana se, että ne ovat erillisiä kokeita, jotka täytyy suorittaa prosessin ollessa keskeytettynä tai tutkittavan prosessilaitteen ollessa ohitettuna tai irrotettuna prosessista. Tämän tyypisiä venttiilin asettimelle suoritettavia testejä on kuvattu IEC (International Electrotechnical Commission) -standardissa 61514, Industrial-process control systems: Methods of evaluating the performance of valve positioners with pneumatic outputs, first edition, 2000-04.

WO 01/11436 esittää menetelmän ja laitteen, joka tilastollisesti määrittää yhden tai useamman prosessinsäätösilmukan parametrin estimaatin laitteelle tai säätösilmukalle, joka on aktiivisessa toiminnassa prosessinsäätömpäristössä. Tällaisia parametreja ovat esimerkiksi kitka, kuollut alue (dead band), kuollut aika (dead time), värähtely, tai Backlash. Menetelmässä aina mitataan yksi tai useampi signaali prosessinsäätösilmukassa, kun prosessinsäätösilmukka on kytketty on-line –prosessinsäätömpäristöön, tallennetaan mitat-

tu signaali signaalidatana ja sitten suoritetaan tallennetulle datalle joukko tilastoanalyseja halutun parametristimaatin määrittämiseksi. Tämän ratkaisun etuna on, että prosessilaitetta ei tarvitse poistaa prosessista tai säätösilmukkaa ohittaa testin suorittamista varten.

5 Käytännössä on-line tapahtuva hystereesin tai välyksen (Backlash) määrittäminen on herkkä prosessihäiriöille ja epätarkka. Lisäksi yleensä tarvitaan tilastollisia laskentamenetelmiä, matriisilaskentaa, matemaattisia funktioita, jne.

Keksinnön yhteenvetö

10 Keksinnön tavoitteena on uusi menetelmä ja laitteisto prosessissa normaalissa ajossa olevan prosessilaitteen hystereesin tai välyksen määrittämiseen tavalla, joka on suhteellisen yksinkertainen ja tarkka.

Tämä keksinnön tavoite saavutetaan oheisissa itsenäisissä patenttivaatimuksissa kuvatulla menetelmällä ja järjestelmällä. Keksinnön edullisia suoritusmuotoja on esitetty epäitsenäisissä patenttivaatimuksissa. Esillä olevassa keksinnössä kerätään prosessissa normaalissa ajossa olevan prosessilaitteen ohjausta edustavan signaalin ja sen ulostuloa edustavan signaalin näytpareja. Ulostuloa edustava signaali voi olla esimerkiksi prosessista mitatutu prosessisuure. Se voi myös olla prosessisuureen asetusarvo. Kukin kerätty ohjaus/ulostulo-näytpari käsittää keskimääräisen ohjaussisääntulon ja keskimääräisen mitatun ulostulon, jotka on laskettu ennalta määriteltä keräilyjakson. Tyypillisesti, kuten keksinnön eräässä suoritusmuodossa, ohjaussisääntuloa edustavasta signaalista ja ulostuloa edustavasta mitatusta signaalista otetaan hetkellinen näytpari tietyin aikavälein, joka on edullisesti yhden tai usean sekunnin luokkaa. Tällaista dataa kutsutaan usein sekuntitason dataksi tai sekuntidataksi. Sitten, kuten keksinnön eräässä suoritusmuodossa, mainitun keräilyjakson aikana otetuista hetkellisistä näytpareista (esim. sekuntidatasta) lasketaan keskimääräinen näytpari. Keräilyjakso on edullisesti yhden tai useaman minuutin luokkaa, jolloin keskiarvoja kutsutaan usein minuutti-keskiarvoiksi.

30 Ennen ominaiskäyrien laskemista seulotaan keräystä raakadatasta erilleen näytparit, jotka ovat sopivia jatkokäsittelyyn kunkin näytparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määren ja suunnan perusteella. Tämä seulonta on erittäin tärkeä menetelmän tarkkuuden kannalta.

35 Normaalissa ajossa säätöpiiri ohjaa prosessilaitetta jatkuvasti siten, että säätö sahaa molempien suuntiin. Lisäksi esiintyy erilaisia häiriöitä. Seulomalla sopivat

näyteparit jatkokäsittelyyn niiden ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella löydetään kulmapisteet säätitötilanteessa, jossa säädön suunta vaihtuu. Säädön suunnan vaihtuessa mitattu ulostulo voi hystereesin tai välyksen vuoksi osua epämääräiselle alueelle ja sitä kautta aiheuttaa 5 virhettä lopulliseen ominaiskäyrien laskentaan. Keksinnön mukaisella seulon- nalla varmistetaan, että laskentaan valitut näytteet edustavat "stabiilia" tilannetta joko ylös- tai alas päin suuntautuvassa säädössä. Keksinnön eräässä suoritusmuodossa tämä valikointi tai seulonta tapahtuu sillä tavoin, että kullekin 10 näyteparille lasketaan keskimääräisen ohjaussisääntulon muutos suhteessa edellisen näyteparin keskimääräiseen ohjaussisääntuloon sekä muutoksen suunta ja jos laskettu muutos on pienempi ja tapahtunut samaan suuntaan kuin mainitulle edellisen näyteparin ohjaussisääntulolle laskettu muutos, vali- 15 taan näytepari jatkokäsittelyyn, ja muutoin hylätään näytepari.

Keksinnön mukaisesti näyteparit lisäksi ryhmitellään ensimmäiseen ja toiseen ryhmään kunkin näyteparin keskimääräisen ohjaussisääntulon suh- 20 teellisen muutoksen suunnan tai etumerkin perusteella. Nämä kaksi ryhmää edustavat ylösmenevää ohjausta (kasvava ohjausen arvo, positiivinen etu- merkki) ja laskevaa ohjausen suuntaa (pienenevä ohjausen arvo, negatiivinen etumerkki). Ryhmittely voi tapahtua ennen seulontaa, seulonnan aikana tai 25 seulonnan jälkeen. Ensimmäisen ja toisen ryhmän seulottujen näyteparien avulla lasketaan sitten ensimmäinen ja toinen ohjaus/ulostulo-ominaiskäyrä, jotka edustavat nousevaa ja laskevaa ohjausta. Lopuksi näiden ominaiskäyrien perusteella määritetään prosessilaitteen hystereesi tai välys ensimmäisen ja toisen ominaiskäyrän välisenä etäisyytenä ainakin yhdessä pisteessä. Käytän- 30 nössä ominaiskäyrän laskeminen käsittää ainakin muutaman pisteen laskemi- sen kullekin ominaiskäyrälle. Hystereesin tai välyksen määrittäminen merkitsee ohjausakselin suuntaisen etäisyyden määrittämisen ainakin yhdessä näin mää- ritellyssä pisteessä.

Teollisuusprosessin operaattorien kannalta on tärkeää tietää, kuinka 35 luotettava keksinnön mukaisella tavalla saatu hystereesi tai välys on. Luotetta- vuus vaihtelee erilaisten prosessiosuhteiden mukana. Keksinnön eräässä suoritusmuodossa lasketaan määritellylle hystereesille tai välyksille lisäksi lu- tettavuusarvo funktiolla, joka sisältää parametreina ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräis- 35 ten näyteparien lukumäärän Ny1,

toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näy-
teparien lukumäärän Ny2,

ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien, mutta toisen ominais-
käyrän alapuolella olevien näyteparien lukumäärän Noy1, ja

5 toiseen ominaiskäyrään kuuluvien, mutta ensimmäisen ohjauskäy-
rän yläpuolella olevien näyteparien lukumäärän Noy2.

Tämä luotettavuuden määrittely perustuu siihen, että mitä suurempi
osa tietyn ominaiskäyrän laskemiseen käytetyistä mittauspareista sijaitsee tois-
10 sen käyrän takana, sitä epäluotettavampi on saatu tulos. Keksinnön erään suo-
ritusmuodon mukaisesti luotettavuusarvo lasketaan funktiolla $L=\max(0,1-$
Noy1/Ny1-Noy2/Ny2), jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä L=1 on täysin
luotettava ja L=0 täysin epäluotettava.

Piirrosten lyhyt selitys

Keksintöä selitetään seuraavassa esimerkinomaisten suoritusmuo-
15 tojen avulla viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää säätöventtiilin toiminnallisen lohkokaavion,
kuvio 2 esittää prosessinsäätösilmukan tyypillisen mallin, ja
kuvio 3 on kuvaaja, joka havainnollistaa säätösilmukan ominais-
käyrää ja hystereesiä,
20 kuvio 4 on periaatteellinen toiminnallinen lohkokaavio, joka havain-
nollistaa eksinnön mukaista hystereesin määritysalgoritmia,
kuvio 5 on tietovirtakaavio, joka havainnollistaa kuvion 4 ilmaisuloh-
kon 40 algoritmia,
kuvio 6A esittää mittauksen y minuuttikeskiarvoja,
25 kuvio 6B esittää ohjauksen u minuuttikeskiarvoja ajan funktiona,
kuvio 7A esittää ominaiskäyrät, jotka on muodostettu ilman eksin-
nön mukaista valikointia,
kuvio 7B esittää ominaiskäyrät, jotka on muodostettu käyttäen eksin-
nön mukaista valikointia,
30 kuviot 8 ja 9 havainnollistavat hystereesin laskemista ominaiskäyris-
tä, ja

kuvio 10 on graafinen esitys, jossa yläkuva havainnollistaa ohjaus-
mittauspareja ja laskettua ominaiskäyrää ja jossa alakuva esittää frekvenssi-
käyrää.

Keksinnön yksityiskohtainen selitys

Esillä olevaa eksintöä voidaan soveltaa kaikissa teollisuusprosesseissa ja vastaavissa. Keksintöä ei ole rajoitettu mihinkään tiettyyn prosessiin, vaan eksintöä voidaan soveltaa erilaisten laitteiden kanssa, jotka säätävät prosessia, kuten venttiilit, pumput, tuulettimet, lämmönvaihtimet, jne.

Keksinnön esimerkinomaiset suoritusmuodot tullaan kuvamaan käyttäen esimerkinä säätöventtiilejä ja niiden oheislaitteita, eli venttiilinohjaimia (asennoittimia) ja toimielimiä.

Kuvio 4 on periaatteellinen toiminnallinen lohkokaavio, joka havainnollistaa eksinnön mukaista hystereesin määritysalgoritmia. Säädin 21 on esimerkiksi kuviossa 2 kuvatun tyypin PID-prosessisäädin. Se saa sisään tuloina jonkin tyypisen asetusarvon r (set point) sekä mitatun prosessimuuttujan tai muun mittauksen y , joka edustaa tarkkailtavan säätöpiirin tai prosessilaitteen ohjausvastetta tai ulostuloa. Säädin 21 muodostaa ohjaksen u , joka syötetään prosessilaitteelle, kuten venttiilinohjaimelle, toimielimelle tai asettimelle. Lohko 40 edustaa eksinnön erään suoritusmuodon mukaista hystereesin tunnistusta (hysteresis identification). Kuvion 4 esimerkissä lohko 40 kerää näytteitä ohjaussignaalista u ja takaisinkytkeystä mittaustuloksesta y . Mittaustulos voi olla säädettävän prosessisuureen mitattu arvo, kuten mitattu virtaus venttiilin ulostulona. Mittaustulos y voi olla itse säädettävän prosessisuureen sijasta myös jokin muu ulostuloa edustava mitattu prosessimuuttuja, joka sopivalla tavalla korreloii säädettävän prosessisuureen tai ulostulon kanssa. Tällainen prosessimuuttuja voi olla esimerkiksi lämpötila, paine-ero tai pH. Vaihtoehtoisesti mittaustuloksen tilalla voidaan käyttää myös asetusarvoa r edustavaa näytettä. Tämä on mahdollista erityisesti tapauksissa, joissa mittausarvon y on havaittu seuraavan hyvin asetusarvoa r . Näin on esimerkiksi kuviossa 6A havainnollistetussa esimerkissä.

Keksinnön eräässä suoritusmuodossa hystereesinilmaisulohko 40 seuraa algoritmia, jota havainnollistaa kuvion 5 tietovirtakaavio. Lohko 40 kerää prosessista sekuntitason näytedataa y_s ja u_s säätöpiirin ohjaus- ja mittaussignaaleista u ja y . Sekuntitason datassa tyypillinen näytteenottoväli on yksi sekunti tai muutamia sekunteja, mutta eksintöä ei ole rajoitettu mihinkään tiettyyn näytteenottoaikaan. Tätä näytedataa jalostetaan eri vaiheissa ja laskennan lopputuloksena saadaan arvio prosessilaitteen tai säätöpiirin hystereesis tä ja luotettavuudesta. Menetelmä voidaan jakaa on-line -vaiheeseen ja off-line

–vaiheeseen, mutta tällainen jako ei ole välttämätön tai se voidaan suorittaa eri lailla kuin tässä esimerkissä on esitetty.

On-line –vaiheessa kerätään prosessin säätiöpiireistä sekuntitason tai jollakin muulla keruuvälillä mittauksia säätimen 21 ohjauksesta u ja mittauksesta y, kuten kuvion 5 vaiheessa 50 on havainnollistettu. Näistä sekuntitason mittausarvoista lasketaan vaiheessa 51 minuuttikeskiarvoja y_m ja u_m , jotka tallennetaan tietokantaan (vaihe 52). Minuuttikeskiarvo tarkoittaa, että keskiarvot lasketaan minuutin tai minuuttien luokkaa olevan keruujakson aikana kerätyistä sekuntitason arvoista. Tämä keruujakso, jonka yli keskiarvo lasketaan, voi kuitenkin vaihdella sovelluksesta riippuen. Tyypillisesti keskiarvojakson valinnassa otetaan huomioon säätimen nopeus tai integrointiaika T_i siten, että keskiarvojen päivitysväli (keruujakso) T_p täyttää ehdon $T_i < T_p < 5 \times T_i$. Jos säätimen integrointiaika T_i olisi pieni suhteessa päivitysjaksoon T_p , säädin 21 ehtisi suorittaa monta säätöä yhden jakson T_p aikana. Esimerkkinä voidaan sanoa, että virtaussäädössä T_i on tyypillisesti suuruusluokkaa 10-20 sekuntia.

Mikäli automaatiojärjestelmässä on jo muuta tarkoitusta varten käytössä valmis on-line -keräys, jonka avulla kerätään esimerkiksi minuuttikeskiarvoja, säätiöpiirin ohjaus- ja mittaussignaaleista, näitä tietoja voidaan sellaisenaan hyödyntää esillä olevan keksinnön tarkoitukseen. Tällöin nämä jo olevat toiminnot korvaisivat vaiheet 50, 51 ja 52 kuviossa 5.

On-line –vaiheessa tallennetut minuuttitason (u , y) –parit haetaan myöhemmin, esimerkiksi kerran vuorokaudessa, kerran viikossa tai muulla periodilla tietokannasta hystereesin laskentaa varten. Tallennetuista minuuttitason näytetareista u_m ja y_m valikoidaan tietyn proseduurin mukaisesti ne parit, jotka soveltuват hystereesin laskentaan (vaihe 53). Parit jaetaan myös kahteen ryhmään. Soveltumattomat parit hylätään (vaihe 57). Valikoiduista (u_m , y_m) –pariteista lasketaan kaksi ominaiskäyrää (54), joiden perusteella lasketaan hystereesi (vaihe 55). Laskentaan 55 kuuluu myös rutiini, joka arvioi tunnistetun hystereesin luotettavuuden.

Seuraavassa kuvataan yksityiskohtaisemmin esimerkkien avulla kuinka keksinnön mukaisen algoritmin eri vaiheet voidaan toteuttaa.

Minuuttikeskiarvon laskenta

Sekuntitason (tai muun keruuvälin) näytteparit mittaus- ja ohjaussignaaleista y ja u kerätään puskureihin $y_{s(i)}$ ja $u_{s(i)}$, missä $i = 1 \dots N$ (puskurin piinus on $N = 60$, kun käytössä on sekunti/minuuttilaskenta). Minuuttitason tai

muun tallennusvälin keskiarvot y_m ja u_m lasketaan puskureissa olevan sekuntidatan perusteella.

Ohjaus-mittausparien valikointi ja jako

Ennen ominaiskäyrän laskentaa valikoidaan minuuttitason raakadatasta ne ohjaus- ja mittausnäytteiden parit, jotka soveltuват hystereesin laskentaan. Valikoidut näyteparit jaetaan edelleen kahteen ryhmään G1 ja G2 riippuen siitä, onko säätiöpiirin ohjaus menossa ylöspäin (ohjauksen u arvo kasvaa) vai alaspäin (ohjauksen u arvo pienenee).

Minuuttikeskiarvopari ($u_m(j)$, $y_m(j)$) valitaan ominaiskäyrän laskentaan, jos seuraavat kaksi ehtoa täyttyvät:

$$|\Delta u_m(j)| < |\Delta u_m(j-1)|$$

$$\text{sign}(\Delta u_m(j)) = \text{sign}(\Delta u_m(j-1))$$

missä

15 $u_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen ohjaussisääntulo,
 $y_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,
j on kokonaislukuindeksi,
 $\Delta u_m(j) = u_m(j) - u_m(j-1)$
sign(Δu_m) laskee Δu_m :n etumerkin.

20 Toisin sanoen mittaus- ja ohjausnäytepari kelpuutetaan mukaan hystereesin laskentaan vain, jos ohjauksen minuuttikeskiarvon $u_m(j)$ muutos $\Delta u_m(j)$ on pienempi kuin edellisen näyteparin ohjaukselle laskettu muutos ja muutos on tapahtunut samaan suuntaan kuin edellinen muutos.

25 Ohjaus- ja mittausnäyteparit jaetaan edelleen kahteen ryhmään ohjauksen muutoksen Δu_m etumerkin perusteella siten, että näytepari otetaan ryhmään G1, kun muutoksen etumerkki on positiivinen (ohjaus on menossa ylöspäin), ja näytepari otetaan ryhmään G2, kun muutoksen etumerkki on negatiivinen (ohjaus on menossa alaspäin).

30 Keksinnön periaatteiden mukaisesti suoritettu valikointi ja ryhmittely ovat hyvin oleellisia hystereesin määritynksen tarkkuuden ja luotettavuuden kannalta. Tätä voidaan tarkastella virtauksen säätiöön liittyvällä esimerkillä. Säätiöpiirin mittaus- ja ohjaussignaaleista on kerätty eksinnön mukaisesti minuuttikeskiarvoja noin 6,5 tunnin ajalta. Kuvio 6A esittää mittauksen y minuutti-

keskiarvoja ja kuvio 6B esittää ohjausen u minuuttikeskiarvoja ajan funktiona. Kuvioista 6A ja 6B nähdään, että ohjaussignaali u sahaa edestakaisin, ilmiö, joka mahdollisesti indikoi toimilaitteen vikaa. Jos kuvioissa 6A ja 6B esitetyistä minuuttikeskiarvoista muodostetaan ohjaus- ja mittausnäyteparit ja piirretään 5 ominaiskäyrät ilman keksinnön mukaista valikointia, saadaan kuvion 7A mukainen lopputulos. Voidaan nähdä, että ohjaus- ja mittausnäyteparit täyttävät koko hystereesialueen eikä selkeitä käyriä voida erottaa. Tarkastellaan sitten keksinnön mukaista toteutusta, jossa valikoidaan ne ohjaus- ja mittausnäyteparit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan, ja jaetaan parit kahteen ryhmään. Valikoidut näyteparit on esitetty kuviossa 7B siten, että ryhmän G1 näyteparit (ohjaus liikkuu ylöspäin) on merkitty symbolilla o ja ryhmän G2 näyteparit (ohjaus liikkuu alas päin) on merkitty symbolilla x. Lisäksi näiden perusteella on piirretty kaksi ominaiskäyrää $-\ast-$. Kuvioista 7A ja 7B voidaan havaita, että keksinnön mukainen valikointi ja ryhmittely muuttaa kuvion 7A epämääräisen 10 pistejoukon kahdeksi selkeäksi ominaiskäyräksi, joista toinen edustaa ohjausta ylöspäin (positiiviseen suuntaan) ja toinen alas päin (negatiiviseen suuntaan). 15 Tämä yksinkertainen esimerkki osoittaa, että valikoilla ja ryhmityksellä on hyvin suuri merkitys keksinnön mukaisen menetelmän tarkkuudelle.

Ominaiskäyrien laskenta

20 Valikoinnin ja jaon jälkeen lasketaan näytepareista ominaiskäyrät vaiheessa 54. Ominaiskäyriä on kaksi ja niistä molemmat lasketaan samalla algoritmillä. Seuraavassa kuvataan algoritmi yhden ominaiskäyrän laskemiseen.

25 Ohjausalue (ohjaussignaalin arvoalue) jaetaan koreihin $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$, joihin ominaiskäyrän arvot laskennan edetessä tallennetaan. Pisteet $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ ovat korien sijainnit ohjaussisääntuloa edustavalla u-akselillla ja bin on korien lukumäärä. Parametrit $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ edustavat ulostulon (mittauksen) y arvoja ulostuloa kuvaavalla aksellilla y. Täten korien sijaintien ja niiden 30 arvojen muodostamat parit $u_0(1)/y_0(1), \dots u_0(n_{bin})/y_0(n_{bin})$ määrittelevät ominaiskäyrän. Tämän lisäksi lasketaan kunkin korin arvon laskennassa käytettyjen näyteparien lukumäärää laskureissa $nct(1) \dots nct(n_{bin})$. Korien lukumäärä voi olla mikä tahansa haluttu, esimerkiksi 3, 5 tai 10. Korien $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ arvoja $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ päivitetään valikoitujen näyteparien avulla käyttäen ennalta määritettyä painotusfunktiota.

35 Keksinnön eräässä suoritusmuodossa kunkin näyteparin mukaan päivitetään kahta paria b_n, b_{n-1} , jotka valitaan siten, että seuraava ehto täyttyy:

$$b_n < \frac{u_m - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_{n+1}$$

missä

5 u_m on näyteparin j ohjauksen minuuttikeskiarvo,
 y_m on näyteparin j mittauksen minuuttikeskiarvo
 $n=1..bin$,
 u_{\min} ja u_{\max} ovat ohjausalueen minimi ja vastaavasti maksimi.

10 Tämän jälkeen päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} arvot $y_0(b_n)$ ja $y_0(b_{n+1})$ seuraavasti

$$y_0(b_n) = \frac{nct(b_n)y_0(b_n) + w_1y_m}{nct(b_n) + w_1}$$

$$y_0(b_{n+1}) = \frac{nct(b_{n+1})y_0(b_{n+1}) + w_2y_m}{nct(b_{n+1}) + w_2}$$

15 missä
 $nct(1)....nct(n_{bin})$ edustavat kunkin korin päivitysten (käytettyjen ohjaus/mittausparien) lukumäärää,
 w_n ja w_{n+1} ovat painokertoimet

$$w_n = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_n - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

$$w_{n+1} = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_{n+1} - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

u_{st} on korien välinen etäisyys

$$u_{st} = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{n_{bin} - 1}$$

25 Lopuksi päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} päivitysten lukumäärät $nct(b_n)$ ja $nct(b_{n-1})$ seuraavasti

$$nct(b_n) = a * nct(b_n) + w_1$$

$$nct(b_{n+1}) = a * nct(b_{n+1}) + w_2$$

30 missä a on vakio.

Vakio a on ns. unohduskerroin. Unohduskertoimen arvoksi valitaan yleensä $a = 1$, joka tarkoittaa, ettei unohdus ole käytössä. Jatkuvassa seurannassa saattaa kuitenkin olla edullista valita arvo $a < 1$, tyyppillisesti $a = 0,9 - 0,9999$. Tällainen arvo tarkoittaa, että uudempi mittaus saa korin päivityksessä suuremman painokertoimen kuin vanha mittaus. Näin vanhojen mittausten vaikutus vähitellen katoaa eli ne "unohdetaan".

On huomattava, että tässä esitetty käyrien laskentamenetelmä on vain yksi mahdollinen laskentatapa, joka kuitenkin parantaa laskennan tarkkuutta. Alan ammattimiehelle on edellä olevan selityksen perusteella kuitenkin ilmeistä käyttää myös muita menetelmiä ominaiskäyrien laskemiseen keksinön mukaisesti valikoitujen ja ryhmiteltyjen minuuttikeskiarvojen mukaan.

Hystereesin laskenta

Ominaiskäyrän laskenta 54 tuottaa kaksi ominaiskäyrää (tai ominaiskäyrien pisteet).. Toinen käyrä edustaa nousevaa ohjausta ja toinen laskevaa ohjausta. Hystereesi lasketaan ominaiskäyrien etäisyytenä ohjausakselin (u-akselin) suunnassa yhdessä tai useammassa pisteessä. Pisteiden paikan ja määrän valinta riippuu edullisesti siitä, miten ohjaus on liikkunut keruujakson aikana.

Tarkastellaan esimerkkinä hystereesin laskemista yhdessä pisteessä viitaten kuvioon 8. Esimerkissä tunnetaan kaksi pistettä toisessa ominaiskäyrässä (u_A, y_A) ja (u_C, y_C) sekä yksi piste toisessa ominaiskäyrässä (u_B, y_B) niin että $y_A > y_B > y_C$. Ominaiskäyrien etäisyys u-akselin suunnassa h on

$$h = u_A - u_B + \frac{(u_C - u_A)(y_B - y_A)}{(y_C - y_A)}$$

25

Kuvio 9 havainnollistaa kahta ominaiskäyrää, joissa hystereesi on laskettu useassa pisteessä. Kuviossa 9 esitettyjen ominaiskäyrien ohjausakselin (u-akselin) arvot kuvaavat ohjausen suhteellista osuutta (%) koko ohjausalueesta (100 %).

30 Esimerkki

Yllä kuvatun suoritusmuodon ominaiskäyrälaskentaa havainnolistaan tässä esimerkin avulla. Tässä esimerkissä kuvataan, yksinkertaisuuden vuoksi, vain yhden ominaiskäyrän laskentaa. Käytännössä hystereesilaskenta päivittää samalla periaatteella kahta ominaiskäyrää.

Esimerkissä käytetyt parametrit

Korien määrä: $n_{bin} = 4$ Ohjaus min: $u_{min} = 0$ 5 Ohjaus max: $u_{max} = 30$ Korien välinen etäisyys siis $u_{st} = 10$.

Ennen päivitystä ominaiskäyrää kuvaavat vektorit eivät varsinaisesti sisällä mitään tietoa. Vektorit ovat

10

- Ominaiskäyrän mittaukset y_0
- Ominaiskäyrän ohjaukset u_0
- Ominaiskäyrän frekvenssитieto (osumien lukumäärä) nct

15

$$y_0 = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

$$u_0 = [0 \ 10 \ 20 \ 30]$$

$$nct = [0 \ 0 \ 0 \ 0]$$

Lisätään ominaiskäyrään seuraava ohjaus-mittaus pari

20

$$u_m = 12$$

$$y_m = 3$$

Valitaan ensin korit seuraavan kaavan mukaan

25

$$b_1 < \frac{u_m - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_2$$

$$\frac{u_m - u_{min}}{u_{max} - u_{min}} (n_{bin} - 1) + 1 = \frac{12 - 0}{30 - 0} (4 - 1) + 1 = 2.2 \Rightarrow b_1 = 2, b_2 = 3$$

30

Lasketaan painokertoimet

$$w_1 = 1 - \frac{|u_m - u_{min} - (b_1 - 1)u_{st}|}{u_{st}} = 1 - \frac{|12 - 0 - (2 - 1) \times 10|}{10} = 0.8$$

Päivitetään mittausvektorit y_0 seuraavan kaavan mukaan

$$y_0(b_1) = \frac{nct(b_1)y_0(b_1) + w_1y_m}{nct(b_1) + w_1} = \frac{0 + 0.8 \times 3}{0 + 0.8} = 3$$

Mittausvektorit y_0 , kori 3 ja ohjausvektorin u_0 korit 2 ja 3 päivitetään samalla tavalla.

5

Vektori nct päivitetään

$$nct(2) = a^*nct(2) + w_1 = 1^*0 + 0.8 = 0.8$$

10 ja sama korille 3. Unohduskerroin on $a=1$, mikä tarkoittaa, ettei unohdus ole käytössä.

Ensimmäisen ohjaus-mittausparin jälkeen ominaiskäyrävektorit ovat:

15

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3 \quad 3 \quad 0] \\ u_0 &= [0 \quad 12 \quad 12 \quad 30] \\ nct &= [0 \quad 0.8 \quad 0.2 \quad 0] \end{aligned}$$

20

Seuraavaksi päivitetään ominaiskäyrää seuraavalla ohjaus-mittausparilla

$$u_m = 24$$

$$y_m = 5$$

25

Ohjaus on nyt korien 3 ja 4 välissä ($b_1 = 3$, $b_2 = 4$), niin että se on lähempänä koria 3 (painokerroin $w_1 = 0.6$) kuin koria 4 (painokerroin $w_2 = 0.4$).

Mittausvektorin päivitykset tehdään seuraavasti

30

$$y_0(b_1) = \frac{nct(b_1)y_0(b_1) + w_1y_m}{nct(b_1) + w_1} = y_0(3) = \frac{0.2 \times 3 + 0.6 \times 5}{0.2 + 0.6} = 4.5$$

Sama kaava käytetään ohjauksen päivityksessä

$$u_0(3) = \frac{0.2 \times 12 + 0.6 \times 24}{0.2 + 0.6} = 21$$

nct-vektoria päivitetään,

5 $nct(3) = nct(3) + w1 = 0.2 + 0.6 = 0.8$

$y_0(4)$, $u_0(4)$, ja $nct(4)$ päivitetään samalla tavalla kuin edellä (kori tyhjä ennen päivitystä). Painokerroin $w2 = 0.4$.

10 Toisen pisteen jälkeen ominaiskäyrävektorit ovat

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3 \quad 4.5 \quad 5] \\ u_0 &= [0 \quad 12 \quad 21 \quad 24] \\ nct &= [0 \quad 0.8 \quad 0.8 \quad 0.4] \end{aligned}$$

15 Lisätään vielä seuraava pari

$u_m = 15$

$y_m = 4$

20 Tulos on

$$\begin{aligned} y_0 &= [0 \quad 3.3846 \quad 4.3077 \quad 5.0000] \\ u_0 &= [0 \quad 13.1538 \quad 18.6923 \quad 24.0000] \\ nct &= [0 \quad 1.3000 \quad 1.3000 \quad 0.4000] \end{aligned}$$

Oletetaan vielä, että laskentaa on jatkettu siten, että on lisätty 97 kpl mittaus-ohjaus paria, niin että ohjaus on satunnaisesti valittu kokonaisluku välillä 0-30, ja mittaus on tämän neliojuuri pyöristetty lähimpään kokonaislukuun.

30 Kuviossa 10 on yläkuvassa esitetty esimerkissä käytetty ohjaus-mittaus parit (x) ja laskettu ominaiskäyrä (—*) y_0 vs. u_0 . Alakuvassa on esitetty frekvenssikäyrä nct vs. u_0 (—*—).

Kaikissa esitetyissä suoritusmuodoissa ja muissa keksinnön muunnelmissä on mahdollista korvata mittaus y asetusarvolla r tai sitä edustavalla 35 signaalilla.

Selitys ja siihen liittyvät kuviot on tarkoitettu havainnollistamaan esilä olevan keksinnön periaatteita. Erilaiset vaihtoehtoiset toteutustavat, muunnelmat ja muutokset ovat alan ammattimiehelle ilmeisiä tämän selityksen perusteella. Esillä olevaa keksintöä ei ole tarkoitettu rajoittumaan tässä kuvattuihin esimerkkeihin, vaan keksintö voi vaihdella oheisten patenttivaatimusten puitteissa ja hengessä.

Patenttivaatimukset

jolloin etumerkki on positiivinen, jos ohjaussisääntulo on kasvamassa, ja negatiivinen, jos ohjaussisääntulo on pienenemässä.

5. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu seulominen käsittää näytepari $u_m(j), y_m(j)$ valitaan ominaiskäyrän laskentaan jos seuraavat kaksi ehtoa täyttyvät:

$$|\Delta u_m(j)| < |\Delta u_m(j-1)|$$

$$\text{sign}(\Delta u_m(j)) = \text{sign}(\Delta u_m(j-1))$$

missä

10 $u_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen ohjaussisääntulo,
 $y_m(j)$ on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,
 j on kokonaislukuindeksi,
 $\Delta u_m(j) = u_m(j) - u_m(j-1)$
 $\text{sign}(\Delta u_m)$ laskee Δu_m :n etumerkin.

15 6. Patenttivaatimuksen 5 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että näyteparit ryhmitellään ensimmäiseen ja toiseen ryhmään seuraavan säännön perusteella:

15 jos Δu_m :n etumerkki positiivinen, näytepari kuuluu ensimmäiseen ryhmään,
 20 jos Δu_m :n etumerkki negatiivinen : näytepari kuuluu toiseen ryhmään.

20 7. Patenttivaatimuksen 1, 2, 3 tai 4 mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että mainittu kerääminen käsittää otetaan ohjaussisääntulosta (u_m) ja mitatusta ulostulosta (y_m) hetkellinen näytepari (y_s, u_s) tietyin aikavälein, aikavälin ollessa edullisesti yhden tai useamman sekunnin luokkaa,

25 lasketaan mainitun keräilyjakson aikana otetuista hetkellisistä näyteporeista (y_s, u_s) mainittu keskimääräinen näytepari (u_m, y_m), keräilyjakson ollessa edullisesti yhden tai useamman minuutin luokkaa.

30 8. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, tunnettu siitä, että lasketaan hystereesille luotettavuusarvo funktiolla, joka sisältää parametreina

35 ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näyteparien (u_m, y_m) lukumäärä Ny1,

toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näy-
teparien (u_m, y_m) lukumäärä Ny2,

ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta toisen ominais-
käyrän alapuolella olevien näyteparien lukumäärä Noy1, ja

5 toiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta ensimmäisen ohjauskäyrän
yläpuolella olevien näyteparien lukumäärä Noy2.

9. Patenttivaatimuksen 8 mukainen menetelmä, tunnettua siitä,
että

10 luotettavuusarvo L lasketaan funktiolla $L=\max(0,1-Noy1/Ny1-$
 $Noy2/Ny2)$, jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä $L=1$ on täysin luotettava
ja $L=0$ täysin epäluotettava.

10. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä,
tunnettua siitä, että kummankin ominaiskäyrän laskeminen käsittää

15 jaetaan ohjaussisääntulonohjausalue koreihin $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$, missä
 $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ on korien sijainti ohjaussisääntuloa edustavalla u-akselilla ja n_{bin}
on korien lukumäärä, jolloin korien sisältämien arvojen $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ edusta-
vat ulostulon arvoja ulostuloa kuvaavalla y-akselilla ja arvoparit $u_0(1)/y_0(1), \dots,$
 $u_0(n_{bin})/y_0(n_{bin})$ määrittelevät ominaiskäyrän,

20 päivitetään korien $u_0(1) \dots u_0(n_{bin})$ arvoja $y_0(1) \dots y_0(n_{bin})$ mainittujen
keskimääräisten näyteparien avulla käyttäen ennalta määritettyä painotusfunk-
tiota.

11. Patenttivaatimuksen 10 mukainen menetelmä, tunnettua siitä,
että

25 päivitetään kunkin näyteparin mukaan kahta koria b_n, b_{n+1} , jotka vali-
taan siten että seuraava ehto täytyy

$$b_n < \frac{u_m - u_{\min}}{u_{\max} - u_{\min}} (n_{bin} - 1) + 1 < b_{n+1}$$

missä

u_m on näyteparin keskimääräinen ohjaussisääntulo,

y_m on näyteparin j keskimääräinen mitattu ulostulo,

30 $n=1..bin$,

u_{\min} ja u_{\max} ovat ohjausalueen minimi ja vastaavasti maksimi,
päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n+1} arvot $y_0(b_n)$ ja $y_0(b_{n+1})$ seuraav-

vasti

$$y_0(b_n) = \frac{nct(b_n)y_0(b_n) + w_1y_m}{nct(b_n) + w_1}$$

$$y_0(b_{n+1}) = \frac{nct(b_{n+1})y_0(b_{n+1}) + w_2y_m}{nct(b_{n+1}) + w_2}$$

missä

5 $nct(1), \dots, nct(n_{bin})$ edustavat kunkin korin päivitysten lukumäärää,

w_n ja w_{n+1} ovat painokertoimet

$$w_n = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_n - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

$$w_{n+1} = 1 - \frac{|u_m - u_{\min} - (b_{n+1} - 1)u_{st}|}{u_{st}}$$

10 u_{st} on korien välinen etäisyys

$$u_{st} = \frac{u_{\max} - u_{\min}}{n_{bin} - 1}$$

15 päivitetään valittujen korien b_n , ja b_{n-1} päivitysten lukumäärät $nct(b_n)$ ja $nct(b_{n-1})$ seuraavasti

$$nct(b_n) = a * nct(b_n) + w_1$$

$$nct(b_{n+1}) = a * nct(b_{n+1}) + w_2$$

20 missä a on vakio.

25 12. Järjestelmä prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämiseksi, joka järjestelmä käsittää

välineet, joilla kerätään prosessilaitteen ohjaussisääntuloa ja prosessiulostuloa edustavien signaalien näytemuutoksia,

30 välineet, joilla lasketaan kerättyjen näytemuutosten avulla prosessilaitteen hystereesi,

tunneta siitä, että kunkin kerätty näytemuutostuloon käsittää keskimääräisen ohjaussisääntulon ja keskimääräisen ulostulon ennalta määritetyltä keräilyjaksoista, ja että järjestelmä käsittää

35 välineet (53), joilla seulotaan näytemuutokset, jotka ovat sopivia jatkokäsitteilyyn, kunkin näytemuutoston keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen määrän ja suunnan perusteella,

40 välineet (53), joilla ryhmitellään näytemuutokset ensimmäiseen ja toiseen ryhmään kunkin näytemuutoston keskimääräisen ohjaussisääntulon suhteellisen muutoksen suunnan perusteella,

välineet (54), joilla lasketaan ensimmäinen ja toinen ohjaus/ulostulo-ominaiskäyrä ensimmäisen ja vastaavasti toisen ryhmän seulottujen näyteprien (u_m , y_m) avulla,

5 välineet (55), joilla määritetään prosessilaitteen hystereesi ensimmäisen ja toisen ominaiskäyrän välisenä etäisyytenä ainakin yhdessä pisteesä.

13. Patenttivaatimuksen 12 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainittu prosessiulostuloa edustava signaali käsittää jonkin seuraavista: mitattu prosessisuure (y); tai prosessisuureen asetusarvo (r) prosessisää-
10 dössä.

14. Patenttivaatimuksen 12 ja 13 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että mainitut seulomisvälineet käsittävät

väliseet (53), joilla lasketaan kullekin näyteparille keskimääräisen ohjaussisääntulon muutos suhteessa edellisen näyteparin keskimääräiseen ohjaussisääntuloon sekä muutoksen suunta, ja joilla valitaan näytepari jatkokaasittelyyn, jos laskettu muutos on pienempi ja tapahtunut samaan suuntaan kuin mainitulle edellisen näyteparin ohjaussisääntulolle laskettu muutos, ja muutoin hylätään näytepari.

15. Jonkin patenttivaatimuksen 12-14 mukainen järjestelmä, t u n -
20 nettu siitä, että järjestelmä käsittää välineet (55), joilla lasketaan hystereesil-
kuvaatimuksen funktiolla, joka sisältää parametreina

ensimmäiseen, nousevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näytteparien lukumäärä Ny1,

toiseen, laskevaan ominaiskäyrään kuuluvien keskimääräisten näytteparien lukumäärä Ny2, ensimmäiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta toisen ominaiskäyrän alapuolella olevien näytteparien lukumäärä Noy1, ja toiseen ominaiskäyrään kuuluvien mutta ensimmäisen ohjauskäyrän alapuolella olevien näytteparien lukumäärä Noy2.

30 16. Patenttivaatimuksen 14 mukainen järjestelmä, tunnettu siitä, että

luotettavuusarvo L lasketaan funktiolla $L=\max(0,1-Noy1/Ny1-Noy2/Ny2)$, jolloin L voi saada arvoja välillä 0-1, missä $L=1$ on täysin luotettava ja $L=0$ täysin epäluotettava.

17. Ohjelmatuote, joka sisältää ohjelmakoodin, joka toteuttaa jonkin patenttivaatimuksen 1-10 mukaisen menetelmän menetelmävaiheet, kun se ajetaan tietokoneessa ja vastaavassa.

(57) Tiivistelmä

Keksinnön kohteena ovat menetelmä ja järjestelmä prosessissa olevan prosessilaitteen hystereesin määrittämisestä. Prosessista kerätään (50) sekuntitason näytedataa y_s ja u_s säätöpiirin ohjaus- ja mittauksignaaleista u ja y . Näistä sekuntitason mittausarvoista lasketaan (51) minuuttikeskiarvoja y (min) ja u (min), jotka tallennetaan tietokantaan (52). Minuuttitason näytempareista u_m ja y_m valikoidaan tietyn proseduurin mukaisesti ne parit, jotka soveltuvat hystereesin laskentaan (53). Parit jaetaan myös kahteen ryhmään. Soveltumattomat parit hylätään (57). Valikoidusta (u_m , y_m) -pareista lasketaan kaksi ominaiskäyrää (54), joiden perusteella lasketaan hystereesi (55). Laskentaan (55) kuuluu myös rutiini, joka arvioi tunnistetun hystereesin luotettavuuden.

(Kuvio 5)

1/4
L 5

Fig. 1

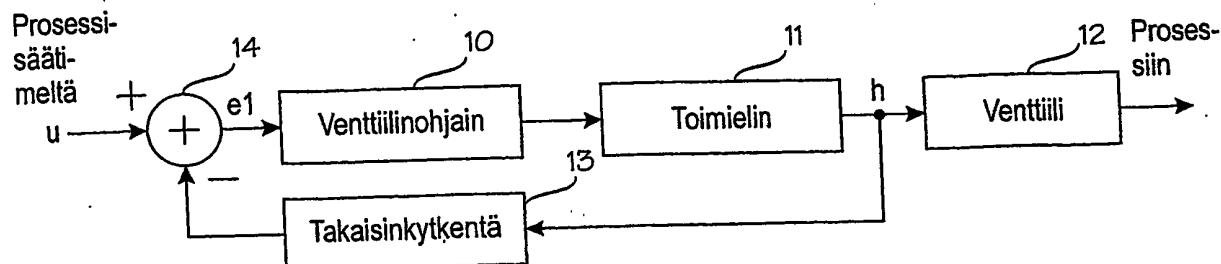
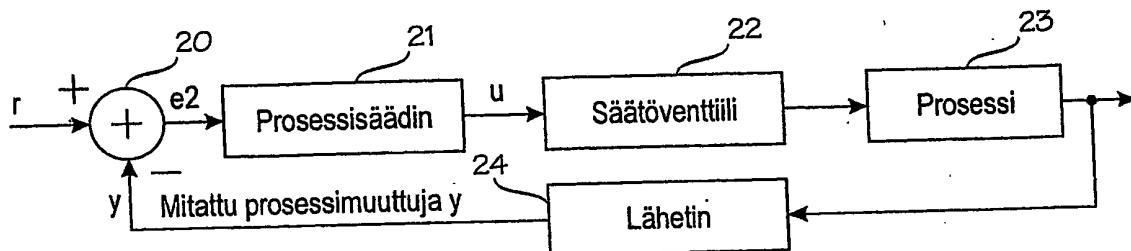


Fig. 2



Mittaus y (esim. venttiilin asento)

Fig. 3

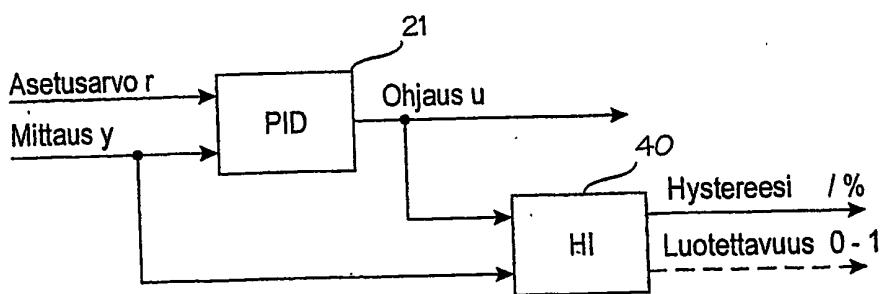
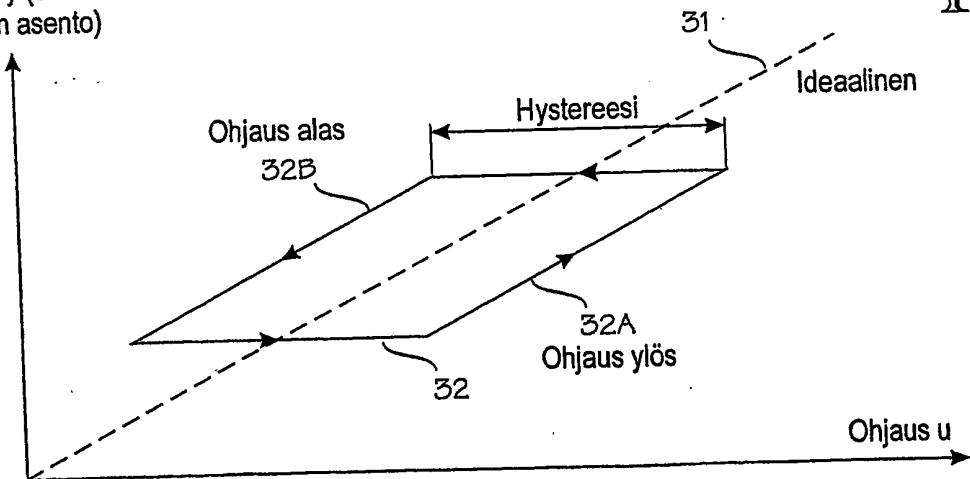
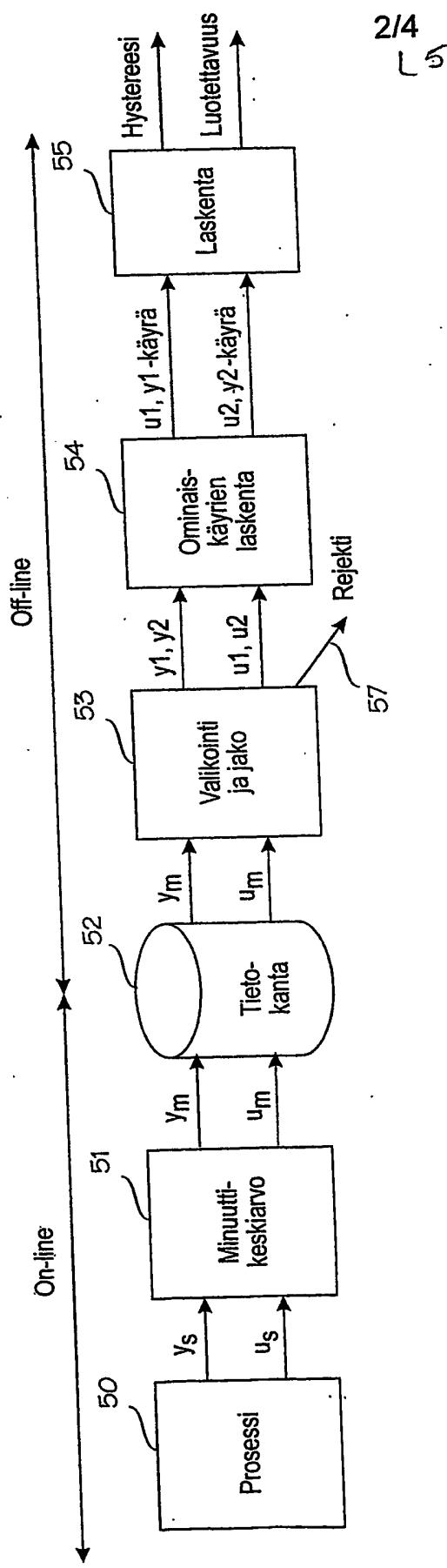


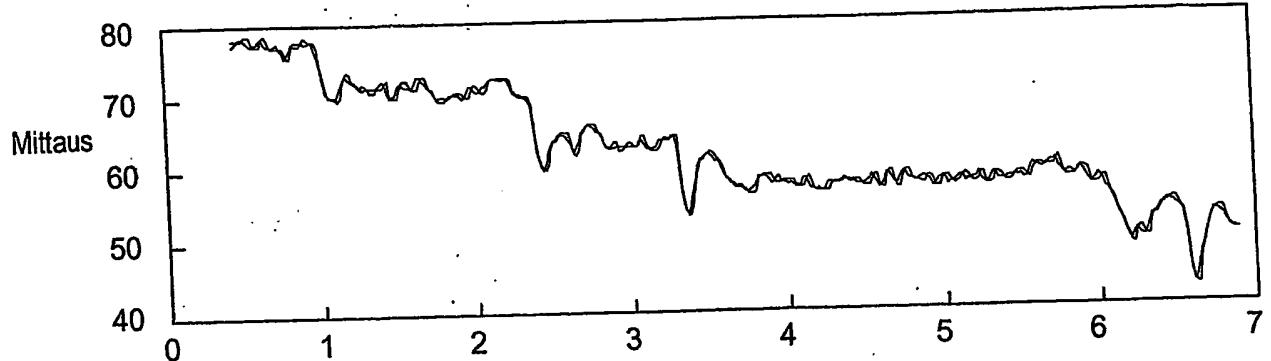
Fig. 4

Fig. 5



3/4
15

Fig. 6A



Ohjaus [%]

Fig. 6B

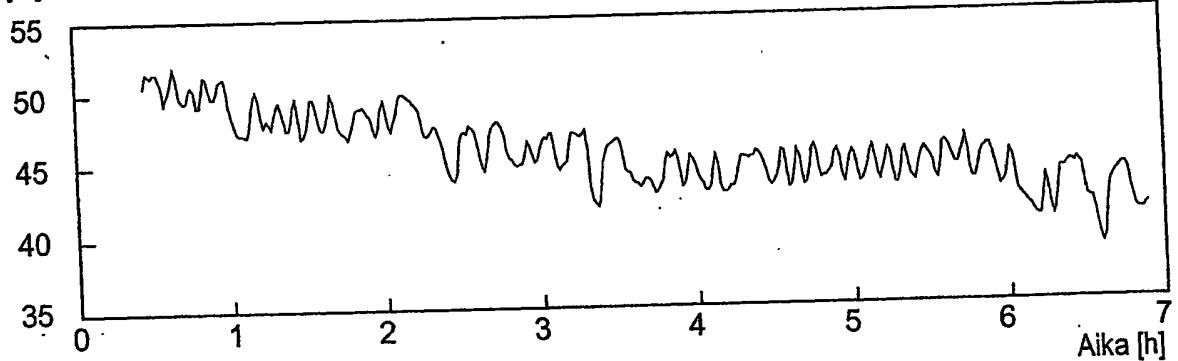


Fig. 7A

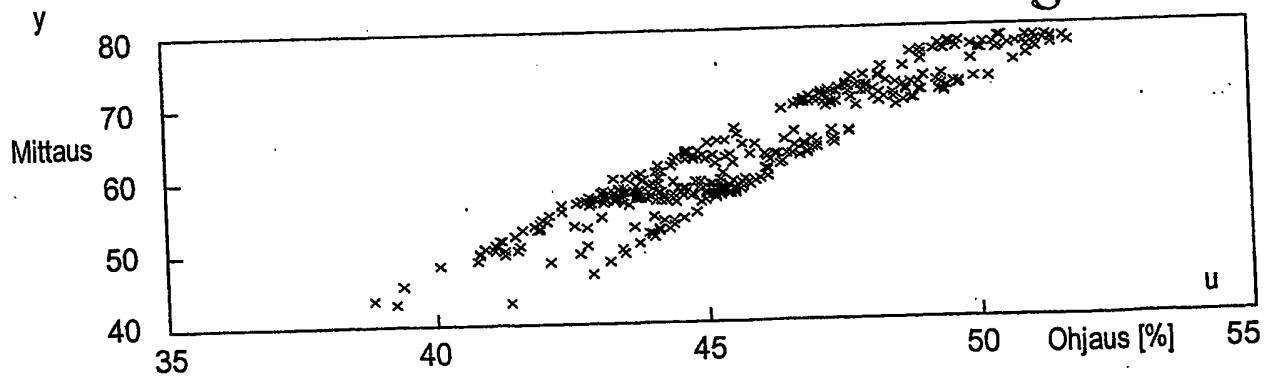
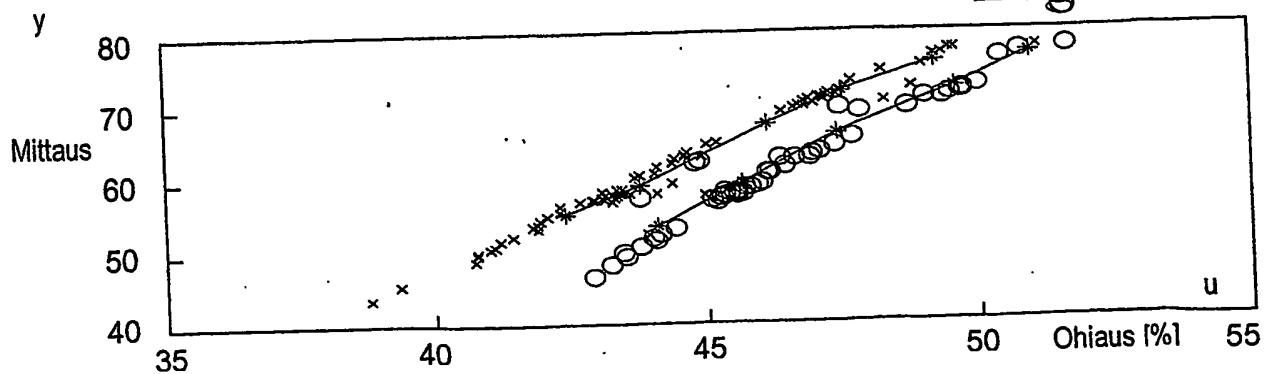


Fig. 7B



4/4 L5

Fig. 8

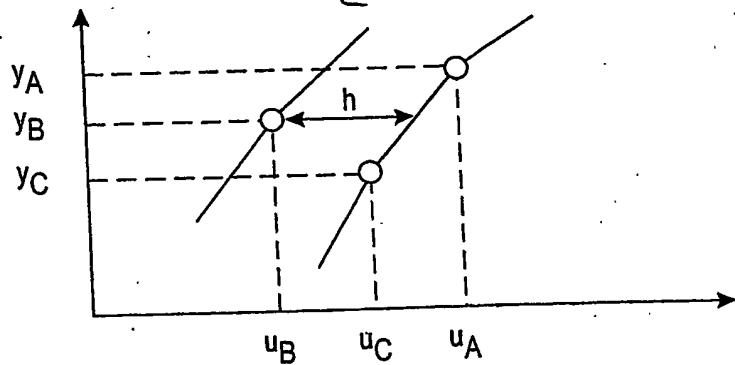


Fig. 9

Mittaus

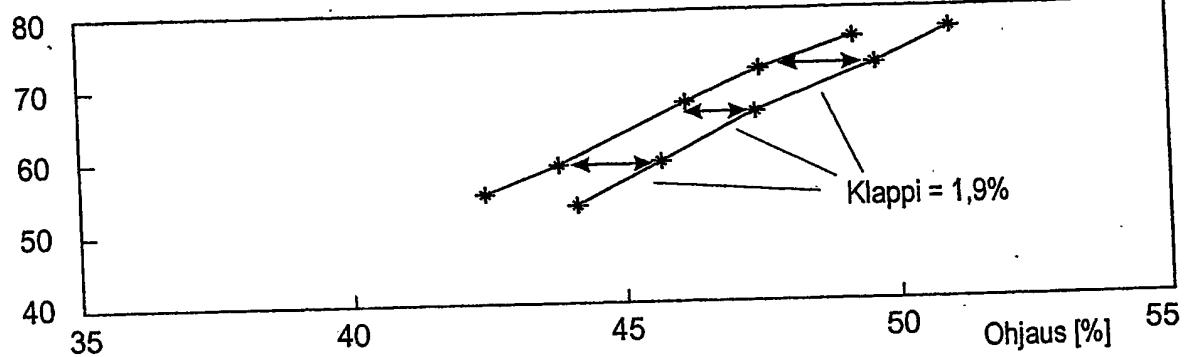


Fig. 10

y_0

5

4

3

2

1

0

nct

30

20

10

0

0

5

10

15

20

25

30

u_0



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.